

Estudio para la reducción de los niveles sonoros producidos por una máquina lavadora de vidrio plano

P. García Fernández ⁽¹⁾, A. Fernández del Rincón ⁽¹⁾, F. Viadero Rueda ⁽¹⁾,
R. Sancibrián Herrera ⁽¹⁾, A. de Juan Luna ⁽¹⁾

*ETS Ing. Industriales y Telecom. Avda. de Los Castros s/n 39005 Santander, Cantabria.
Telf.: 942201856, Fax: 942201853, Correo electrónico: garciafp@unican.es*

Resumen

El presente trabajo presenta el estudio vibroacústico de una máquina lavadora de vidrio plano. Este estudio tiene por objeto servir de base para el diseño de medidas reductoras del ruido emitido por la máquina. Dentro de la parte acústica, se han llevado a cabo medidas de presión sonora para cuantificar el ruido generado por los distintos sistemas que componen la máquina. Los resultados permiten establecer prioridades de actuación en cuanto a medidas de control de ruido. Asimismo se han localizado aquellas zonas de la máquina por la que se emite mayor cantidad de ruido, mediante la elaboración de mapas de intensidad sonora. Las posibles resonancias estructurales se han estudiado mediante modelos de Elementos Finitos, comparando los resultados con velocidades características de la máquina y medidas experimentales de vibración. Se proponen una serie de medidas correctoras teniendo en cuenta el condicionante de modificar lo menos posible el diseño actual de la máquina.

Palabras Clave: Control del ruido, intensidad sonora, ruido en máquinas.

Abstract

This paper presents the vibroacoustic analysis of a flat glass washing machine. The objective of this study is being the base for the design of noise reduction strategies. The noise emitted by different systems that compound the machine is quantified by using sound pressure measurements which allows establishing priorities in the noise control actuations. Likewise, sound intensity measurements are made in order to identify those points of machine surface where more acoustic radiation is emitted. The possible structural resonances has been analysed by Finite Element software and compared with experimental measurements and characteristic frequencies of the machine.

Keywords: Noise control, sound intensity, noise of machines.

1. Introducción

El ruido es uno de los agentes contaminantes más importantes de nuestros días, y más si cabe dentro del ámbito laboral. Conocido es que la exposición a niveles de ruido elevados en el puesto laboral constituye un riesgo para la salud y seguridad del trabajador. Los niveles sonoros que soporta un trabajador se encuentran, normalmente, relacionados de manera directa con la emisión acústica de las máquinas próximas a su entorno. De esta manera la cantidad de ruido que emite una máquina durante su funcionamiento es un aspecto importante a tener en cuenta a la hora de su adquisición.

Por esta razón los fabricantes de maquinaria cuidan cada vez más en sus diseños los aspectos relativos a la emisión acústica de sus productos [1,2].

En este trabajo se presenta el estudio de caracterización vibro-acústica de una máquina lavadora de vidrio plano. Dicho estudio sirve de base para el desarrollo de una serie de modificaciones sobre el diseño actual de la máquina, encaminadas a reducir su emisión acústica.

El diseño de soluciones de control de ruido presenta importantes condicionantes. Las grandes dimensiones de la máquina, así como su disposición en una línea de producción hacen que un cerramiento de la misma resulte económica y funcionalmente inviable. Por tanto, las medidas han de encaminarse a actuaciones sobre la propia máquina, minimizando el coste de su implantación y mantenimiento, ya que el tipo de máquina tratada se sitúa en un mercado con fuerte competencia.

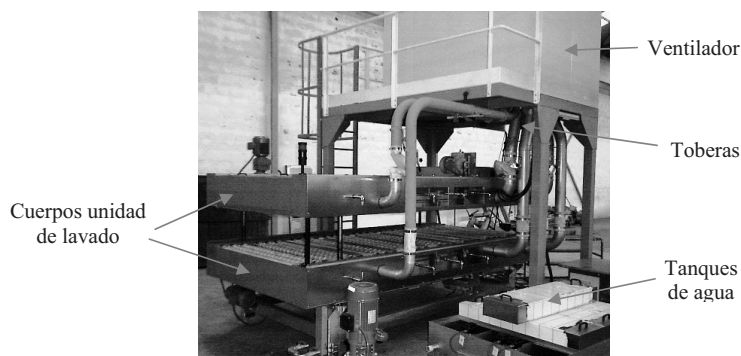


Figura 1. Vista general de la máquina lavadora de vidrio

La máquina se puede considerar compuesta por dos unidades claramente diferenciadas: La unidad de lavado propiamente dicha, y la unidad de impulsión del aire de secado, Figura 1. La segunda de ellas consiste en un ventilador centrífugo encerrado en un cajón. Dicho cajón actúa de cerramiento acústico para el ventilador, al tiempo que sirve de soporte a los filtros del aire. Todo el sistema de impulsión de aire se sitúa encima de la unidad de lavado mediante una estructura metálica construida a tal fin. En cuanto a la unidad principal consta de dos cuerpos prismáticos de acero dispuestos uno encima del otro de manera que el vidrio discurre entre ambos gracias a una serie de rodillos dispuestos en ellos. La distancia entre los cuerpos de la máquina es variable para ajustarse al espesor del vidrio tratado. Los rodillos de transporte del vidrio son movidos por un motor eléctrico al igual que los cepillos del sistema de lavado. Por su parte, el

sistema de secado consiste en unos cuchillos de aire alimentados por el ventilador a través de unas toberas parcialmente flexibles. La descarga de aire se realiza por tres salidas situadas en la parte superior del módulo de lavado (justo debajo de la estructura soporte del ventilador). En la parte inferior de la máquina se sitúan los tanques de recogida y tratamiento del agua de lavado (en la foto mostrada se encuentran desplazados).

La máquina se encuentra localizada en una nave industrial de estructura metálica con paredes de bloque de hormigón. Aunque la nave posee unas dimensiones bastante considerables, la máquina se sitúa, por motivos productivos, bastante próxima a una de las paredes laterales de la nave (menos de 4 metros). Si bien las condiciones acústicas del local y el emplazamiento de la máquina no resultan óptimos desde un punto de vista de realización de medidas acústicas, cuenta por el contrario, con un bajo nivel de ruido de fondo al ser una nave destinada a tareas de montaje.

2. Estudio vibro-acústico

La metodología de estudio propuesta combina medidas de presión y de intensidad sonora. Las medidas de presión sonora van a servir, en primer lugar, para evaluar los niveles de ruido que produce la máquina y, por tanto, a los que estarán sometidos los trabajadores que se sitúen en su entorno próximo. Estas mediciones se realizan con la máquina funcionando tal y como lo haría en la planta de producción a excepción del sistema de alimentación de vidrio y el de agua que, debido a la ubicación de la máquina, no resulta posible activar.

Asimismo, se han llevado a cabo medidas de presión sonora en diversas condiciones de funcionamiento de la máquina en las que se varían parámetros de trabajo de la misma y/o alguno o algunos de los sistemas que la componen estaban desactivados. Los resultados de estas mediciones permiten, evaluar la influencia de ciertos parámetros de funcionamiento, así como la contribución de cada sistema al ruido total producido por la máquina. Esto permite el establecimiento de prioridades de actuación en cuanto a la adopción de las medidas de reducción de ruido.

Para la localización de aquellas zonas del exterior de la máquina por las que se emite mayor cantidad de ruido se han elaborado mapas de intensidad sonora. La Figura 2 muestra el esquema de la malla de referencia creada para la realización de las medidas

de intensidad. Dichas medidas se han realizado manualmente mediante técnica de barrido [3-5] con una sonda B&K type 2683 junto con el analizador B&K type 2260.

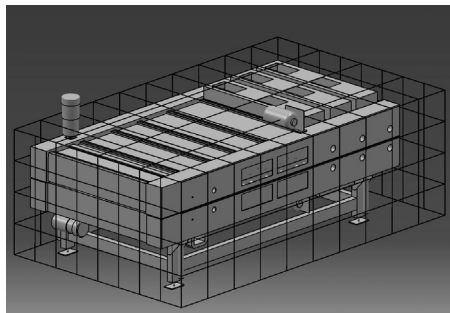


Figura 2. Esquema malla de medida de intensidad sonora

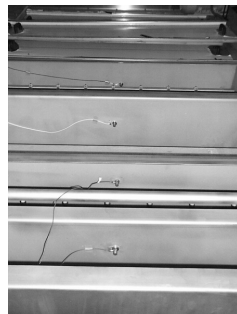


Figura 3. Detalle medidas de vibración

El estudio vibratorio consta de un análisis modal mediante Elementos Finitos, y de medidas experimentales de vibración. El objetivo es la determinación de resonancias de la estructura, así como la transmisión de vibraciones en la misma.

3. Resultados

El ruido producido por la máquina se puede clasificar en dos grupos: ruido de origen mecánico y ruido de origen aerodinámico. En el ruido mecánico dominan las bajas frecuencias, mientras que en el de origen aerodinámico lo hacen las medias y altas. El ruido aerodinámico es el que más contribuye al ruido total, que se muestra con un espectro prácticamente plano en todo el rango audible.

El resultado de las medidas de intensidad sonora queda resumido en los mapas de intensidad. En la Figura 4 se muestran los correspondientes al espectro global.

Se observa que una gran parte de la emisión acústica se realiza por la parte inferior de la máquina, así como por las zonas de entrada y salida del vidrio. Este ruido es debido a la salida de aire forzado por dichas zonas.

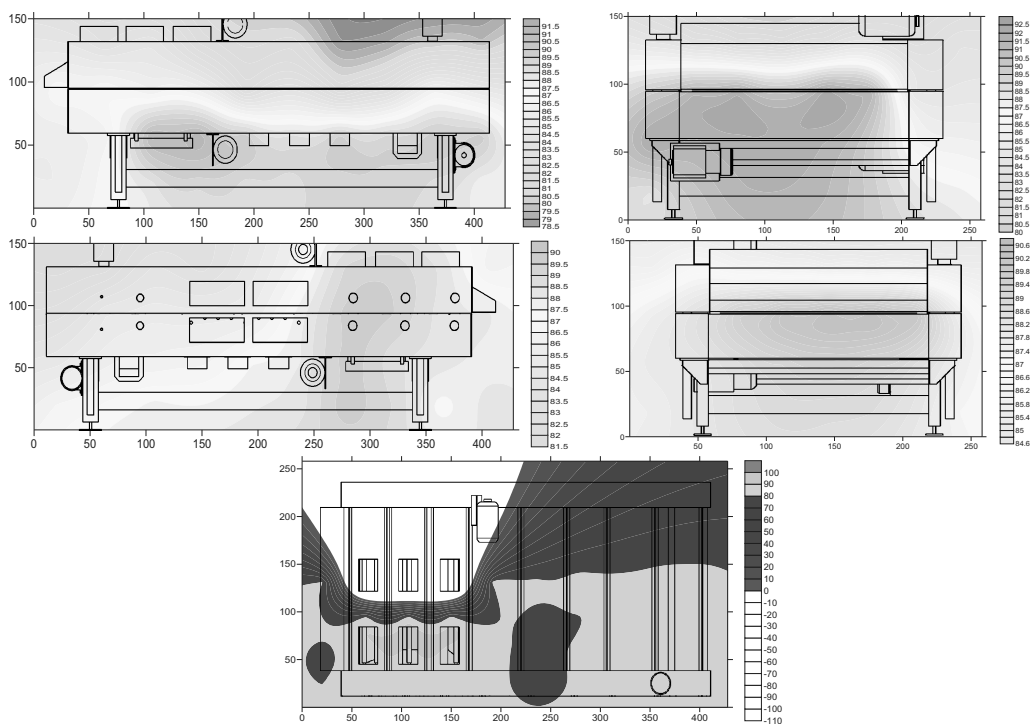


Figura 4. Mapas de intensidad espectro global

Los resultados de la cara superior no resultan demasiados precisos debido al ruido emitido por el ventilador, situado justo encima, y al de las toberas. Sin embargo sirve para mostrar que las zonas de salida de aire (izquierda de la Figura 4), así como las propias toberas (zona superior izquierda de la Figura 4), son zonas de fuerte emisión sonora.

Los resultados del análisis vibratorio no indican que se produzcan resonancias significativas en la máquina. Sin embargo, las medidas experimentales demuestran que los rodillos del cuerpo superior, verticalmente deslizantes, producen ruido de impacto cuando caen tras el paso del vidrio. Igualmente se observa que la transmisión de vibraciones a través de la estructura es elevada debido a la rígida vinculación entre las distintas partes que la componen.

También se han realizado medidas de intensidad del cajón-ventilador. Estas medidas, muestran que el cerramiento del ventilador resulta correcto excepto en la zona de salida del aire hacia las mangas debido a una falta de estanqueidad.

Modo 1 Freq = 3.002 Hz

Modo 2 Freq = 20.007 Hz

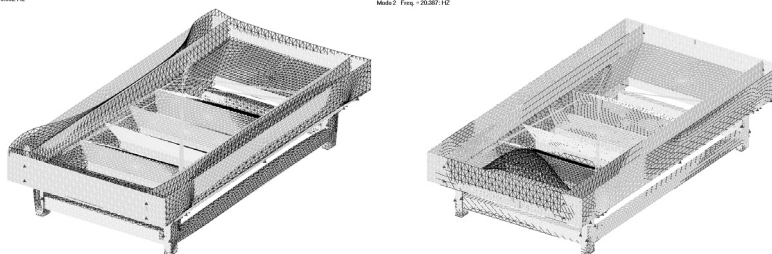


Figura 5. Primeros modos de vibración

4. Conclusiones y soluciones propuestas

La metodología seguida permite la caracterización del ruido emitido por máquinas, tanto en niveles como en localización de fuentes, de una manera relativamente rápida y económica, y con el suficiente grado de precisión para que sirva de base al desarrollo de modificaciones correctoras.

Para el caso de aplicación recogido en este trabajo se han diseñado una serie de soluciones para el control de ruido entre las que se pueden destacar las siguientes:

- Cerramiento de la parte inferior de la máquina aprovechando su estructura.
- Interposición de un material elastómero entre la estructura de la máquina y tolvas de recogida del agua de lavado, tapas superiores de la máquina y apoyos de rodillos superiores.
- Silenciador en la salida del aire del ventilador para frecuencias entre 1000-2000 Hz.

Estas soluciones pueden ser integradas en la máquina sin que supongan una modificación sustancial en su diseño actual, ni tampoco de su coste. Algunas de las soluciones pueden ser aplicadas fácilmente sobre máquinas ya existentes, como es el caso del cerramiento de la zona inferior de la máquina.

5. Referencias

1. Malcolm J. Crocker, Jorge P. Arenas, b and Rajeev E. Dymannavar, *A.A.*, Vol. 65 (5) (2004), pp 545-558.

2. N. Tandon, B. C. Nakra, D. R. Ubhe and N. K., Killa, *A.A.*, Vol. 55 (4) (1998), pp 307-328.
3. F.J. Fahy, *Sound intensity*, Elsevier Applied Science, London. (1989).
4. UNE-EN ISO 9614-2. *Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica emitidos por las fuentes de ruido por intensidad del sonido. Parte 2: medición por barrido*, (1997).
5. UNE-EN ISO 9614-3. *Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica de las fuentes de ruido a partir de la intensidad sonora. Parte 3: método de precisión para la medición por barrido*, (2003).

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado por el Área de Ingeniería Mecánica de la UC en colaboración con la empresa Hercu Industrial S.L. y cofinanciado por la Sociedad para el Desarrollo de Cantabria, Sodercan.